

- Derselbe, VIII. Wundhormone des Erreger von Zellteilungen, Beiträge zur Allgem. Botanik, herausgegeben von G. Haberlandt, 2. B. 1921.
- Derselbe, IX. Über experimentelle Erzeugung von Adventiv-Embryonen bei *Oenothera Lamarckiana*, Sitzungsberichte der Preuß. Akademie d. Wissenschaften 1921.
- Derselbe, X. Die Entwicklungserregung der Eizellen einiger parthenogenetischer Kompositen, ebenda 1921.
- Derselbe, XI. Die Entwicklungserregung der parthenogenetischen Eizellen von *Marsilia Drummondii* A. Br., ebenda 1922.
- Korschelt, G. u. Heider, K., Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere, Allg. Teil 1. u. 2. Aufl. Jena 1902.
- Krueger, E., Fortpflanzung und Keimzellenbildung von *Rhabditis aberrans* nov. sp. Zeitschrift für wissensch. Zoologie, 105. Bd. 1913.
- Küster, E., Pathologische Pflanzenanatomie, II. Aufl., Jena 1916.
- Lamprecht, W., Über die Kultur und Transplantation kleiner Blattstückchen, Beiträge zur Allg. Botanik, 1. Bd., 1918.
- Murbeck, Sv., Parthenogenese bei den Gattungen *Taraxacum* u. *Hieracium*, Botan. Notiser, 1904.
- Ostenfeld, C. H., Zur Kenntnis der Apogamie in der Gattung *Hieracium*, Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. 22. Bd. 1904.
- Raunkiaer, C., Kimdannelse uden Befrugning hos Maelkebotte, Bot. Tidsskrift, 25. Bd. 1903.
- Rosenberg, O., I. Über Embryobildung in der Gattung *Hieracium*, Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. 24. Bd. 1906.
- Derselbe, II. Cytological Studies on the Apogamy in *Hieracium*, Bot. Tidsskrift, 28. Bd. 1907.
- Strasburger, E., Apogamie bei *Marsilia*, Flora 97 Bd. 1907.
- Wiesner, J., Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892.
- Winkler, H., I. Parthenogenesis und Apogamie im Pflanzenreich, Progressus rei botanicae, 2. Bd 1908.
- Derselbe, II. Verbreitung und Ursache der Parthenogenesis im Pflanzen- u. Tierreich, Jena 1920.

Über die Semipermeabilität von Zellwänden.

Von H. Schroeder.

(Mit Versuchen von Dr. Hans Möller.)

§ 1. Meine Ausführungen knüpfen, meine älteren Arbeiten fortsetzend¹⁾, an eine soeben erschienene Untersuchung meines Schülers Dr. Hans Möller²⁾ an. Möller hat eine durch wässrige Silbernitratlösung hervorgerufene Zonenbildung (Liesegangsche Ringe) in den Außenwänden der Aleuronzellen und in den diese umhüllenden Nuzellarüberresten der Gramineenfrüchte beschrieben. Die Zonen sind

1) Schroeder: I. Flora 102 (1911) 186; II. Centralblatt für Bakteriologie usw. II. Abteilung 28 (1910) 492; III. Biolog. Centralbl. 35 (1915) 8.

2) Hans Peter Möller, Rhythmische Fällungserscheinungen in pflanzlichen Zellmembranen. Kolloidchemische Beihefte Bd 14 (1921) S. 160.

hier, wie in künstlichen Gallerten senkrecht zur Ausbreitungsrichtung des Diffusionsstromes angeordnet. Sie sind bei Körnern, die nach Amputation des Embryo, also bei einseitiger Wunde, mit Silbernitrat behandelt wurden, senkrecht zur Längsachse des Kornes in den genannten Wänden orientiert. (Abb. 1—4 bei Möller.) Damit ist bewiesen, daß das Silbersalz bei diesem Modus der Applikation wirklich in diesen Wänden wandert und nicht etwa vom Korninneren her in sie eintritt. Denn träfe letzteres zu, so müßte die Schichtung anders gerichtet und ausgestaltet sein, als sie es ist. Zum Beweis mögen Versuche Möllers dienen, in welchen nach einem seinerzeit von mir angegebenen Verfahren durch Behandlung unverletzter Körner mit 50% alkoholig gelöstem Silbernitrat ein allseitiges, also senkrecht zur Körnoberfläche erfolgendes Eindringen erzwungen wurde, und in welchen demgemäß die Streifung parallel zur Körnoberfläche verlief (Abb. 5 bei Möller).

Da also das in Wasser gelöste Silbernitrat in diesen Wänden wandert und, wie die Beobachtungen Möllers lehren, ebenso rasch wandert wie im Inneren des Kornes, können diese Wände die Semipermeabilität des unverletzten Kornes gegenüber wässrigem Silbernitrat nicht verursachen. Damit bleibt für dieses Salz und das Weizenkorn oder allgemeiner die Gramineenfrucht allein die Samenschale als Selektionsort übrig. Denn die Fruchtschale beteiligt sich nachgewiesenermaßen nicht daran, und tiefer gelegene Schichten sind selbstverständlich ausgeschlossen. Höchstens könnte man an die Kutikula des Nuzellus als Sitz des Selektionsvermögens denken. Durch das Zutreffen dieser Annahme würden meine folgenden Ausführungen in keiner Weise berührt.

Nun nimmt das Silbernitrat gegenüber den übrigen aus wässriger Lösung nicht in das Korninnere gelangenden Stoffen vielleicht eine Sonderstellung ein, insofern nämlich als es nach Shull³⁾ die gleichfalls semipermeable Samenschale von *Xanthium glabratum* aus rein wässriger Lösung bei Konzentrationen passiert, bei welchen andere Salze dies nicht tun. Ehe ich selbst für die Gramineenfrucht verallgemeinere, muß ich die Frage behandeln, welche Gründe sprechen für die Annahme einer Durchlässigkeit der Aleuron- und Nuzellarzellwände für andere Elektrolyte, die nicht in das unversehrte Korn eintreten?

Ein so unmittelbar anschaulicher Beweis, wie er für Silbernitrat vorgetragen werden konnte, fehlt für diese. Doch wird man für einige unter ihnen mit hinreichender Sicherheit auf eine Bewegung in den fraglichen Wänden schließen dürfen; nämlich für diejenigen, deren Gegenwart in diesen Wänden bei angeschnittenen, mit ihrer Lösung behandelten Körnern sich daran erkennen läßt, daß die bei nachfolgender Einwirkung von Silbernitrat zu beobachtenden Rhythmenbilder charakteristisch verschieden sind von denen, die bei alleiniger Behandlung mit Silbernitrat, also dem Fehlen der vorausgehenden Imprägnation mit dem

3) Shull, Botanical Gazette 56 (1913), S. 169.

von außen zugeführten Stoff, auftreten. Denn nach der herrschenden Ansicht ist die Ausbildung der Zonen an ein einander entgegen Difundieren zweier beim Zusammentreffen einen Niederschlag liefernden Salze geknüpft. Es muß demnach dem von der Wundfläche in den gedachten Zellwänden vorlaufenden Silbernitrat das vorher eingelagerte Salz entgegenströmen. Man könnte vielleicht sogar aus der Ausgestaltung der Rhythmen Schlüsse auf die Penetrationsgeschwindigkeit der in der Membran vorhandenen Salze ziehen. Doch müßten dem weitere experimentelle Untersuchungen vorangehen. Zu den Salzen, deren Bewegung innerhalb der erwähnten Wände auf diese Weise erschlossen werden kann, gehört das bei einschlägigen Arbeiten häufig benutzte Chlornatrium.

Ist aber die Bewegung dieser die Silberfällungsrhythmik beeinflussenden Salze in den Aleuronzellwänden⁴⁾ bewiesen, so ist es auch die daraus zu ziehende Folgerung, daß diese Wände für jene Salze durchlässig, also ihnen gegenüber nicht semipermeabel seien.

Damit erscheint hier, wie vorn für das Silbernitrat, die von mir vertretene Ansicht, die Samenschale sei der Sitz des Selektionsvermögens, erneut gestützt.

Die Aleuron- und Nuzellarzellwände geben eine besonders schöne Chlorzinkjodreaktion, weswegen ich dieselben seit Jahren im Anfängerpraktikum als Demonstrationsobjekt für die Zellulosereaktion benutze. Damit ist zunächst für einen Einzelfall, Aleuron- und Nuzellarzellwände des Gramineenkornes, und einige Salze bewiesen, daß eine aus Zellulose bestehende⁵⁾ Zellwand kein Selektionsvermögen besitzt gegenüber gelösten Krystalloiden, welchen gegenüber andere leblose Membranen dieses Vermögen zeigen. Für die Außenwände der Epidermiszellen einiger Blätter ergeben Möllers Versuche gleichfalls Rhythmen, also Wanderungen von Silbernitrat in der Zellulosewand.

§ 2. Da nach dem eingangs Ausgeführten die bestimmt orientierten rhythmischen Fällungen in unzweideutiger Weise den Ort des Silbereintrittes und den von diesem im Korninneren zurückgelegten Weg anzeigen, habe ich meine älteren Versuche über das Eindringen von alkoholig-wässrig gelöstem Silbernitrat fortgesetzt, in der Hoffnung herauszufinden, ob der angegebene Erfolg auf Veränderungen des Zustandes der gebotenen Lösung oder auf solchen der Eigenschaften der Membran zurückzuführen sei?

Die erste Bedingung für Eindringen, Benetzung der Membran durch das Außenmedium, ist sowohl für reines Wasser wie für die Mischungen Wasser-Alkohol erfüllt, wie die Gewichtsveränderung der eingebrachten Körner beweist⁶⁾.

4) Der Kürze wegen spreche ich an mehreren Stellen von Aleuronzellwänden, statt, wie ich das streng genommen müßte, diese und die Nuzellarzellwände zu nennen. Ich glaube nicht, daß dies zu Mißverständnissen führen wird.

5) Soweit die mikrochemische Reaktion diesen Schluß zuläßt.

6) Das gilt noch für 99 % (Vol.) Alkohol, denn dieser entzieht lufttrockenen Körnern Wasser (Centralbl. f. Bakteriolog. usw., II. Abteilung 28 S. 496 Anm. 5).

Zum zweiten muß ein aufnehmbarer Stoff in der Membran oder zum wenigsten in einer Phase der Membran⁷⁾ löslich sein, und die eine oder mehrere diesen Stoff lösenden Phasen müssen eine kontinuierliche Bahn quer durch die Membran bilden. Trifft dies zu, so werden die absolute Löslichkeit und der Verteilungskoeffizient (Außenlösung: Membran: Innenlösung) die Geschwindigkeit des Durchtrittes beeinflussen, ohne die einzigen maßgebenden Faktoren zu sein, wobei ich die Voraussetzung mache, daß das Außenlösungsmittel und die lösende Membranphase verschieden seien.

Silbernitrat löst sich in Wasser leichter als in Mischungen von diesem mit Alkohol, derart daß mit steigendem Alkoholgehalt die Löslichkeit sinkt.

Wenn ich nun vorläufig annehme, daß der Alkohol die Eigenschaften der Membran nicht verändere, folgt daraus, daß der Verteilungskoeffizient sich bei Alkoholzusatz zugunsten der Membran verschiebt, und zwar um so mehr, je höher der Alkoholgehalt⁸⁾. Danach müßte das Silbernitrat auch aus rein wässriger Lösung in das Innere unverletzter Körner gelangen, wenn die wässrige Lösung den gleichen Sättigungsgrad⁹⁾ besitzt wie eine permeierende alkoholig-wässrige. Denn der Verteilungskoeffizient ist das Verhältnis des Gehaltes gesättigter Lösungen. Der Salzgehalt der Membran wird demnach in gesättigter wässrig-alkoholiger und gesättigter rein wässriger Lösung der gleiche sein; ebenso aber auch in ungesättigten Lösungen in beiden Medien, sofern beide in gleichem Sättigungsgrade geboten werden¹⁰⁾.

100 Teile 48% Alkohol lösen bei 15° C etwa 40 Teile Silbernitrat. Eine absolut 5%ige Silbernitratlösung in diesem ist daher zu ca. 12,5% gesättigt. Den gleichen Sättigungsgrad besitzt beiläufig eine 25% wässrige Lösung. Es müßte daher — ich betone nochmals, jede Veränderung in der Membran unterbleibend gedacht — die selezierende Membran aus einer 25% wässrigen Silbernitratlösung bis zur gleichen Konzentration Silbersalz aufnehmen, wie aus einer 5%igen in 48% Alkohol. Und wenn das Salz aus dieser Lösung in das Korninnere gelangt, müßte es dasselbe aus jener tun, wobei ich — vielleicht fälschlich¹¹⁾ — entweder von einer Änderung der Innenflüssigkeit absehe oder diese der Außenflüssigkeit gleich zusammengesetzt annehme.

7) Wenn man die Membran als System von festem Kolloid und Flüssigkeit betrachtet, für das indes die Phasenregel nicht gilt. (Zangger, Ergebnisse der Physiologie VII [1908], 121.)

8) Allerdings unter verschiedenen Voraussetzungen, namentlich auch der, daß die wegsame Phase der Membran keine wässrige sei.

9) Sättigungsgrad = Gehalt der Lösung ausgedrückt in Prozent der in gesättigter Lösung vorhandenen Menge.

10) Die elektrolytische Dissoziation zunächst vernachlässigt.

11) Vgl. A. Brown u. Tinker, Chem. Zentralbl. 1918 II, S. 41.

Ein Versuch ergab, daß in der Tat Silbernitrat binnen 48 Std. aus einer etwa 28% wässerigen Lösung in das Korninnere gelangt, und daß die Nuzellarwände und die Außenwände der Aleuronzellen unverletzter Körner nach 48stündigem Verweilen in dieser Lösung eine Streifung parallel zur Kornoberfläche erkennen lassen.

Wenn man mit den Salzkonzentrationen herabgeht, und zwar immer in der Weise, daß man rein wässerige und alkoholig-wässerige Lösungen vom gleichen Sättigungsgrade miteinander vergleicht, zeigt sich ein Unterschied zwischen beiden. Aus einer 0,75% Silbernitrat, 64% alkoholigen Lösung (Sättigung 2,6%) tritt das Salz binnen 48 Stunden in das Korninnere, während es aus einer rein wässerigen vom gleichen Sättigungsgrade, das ist absolut genommen eine ungefähr 5,3%ige, innerhalb der gleichen Frist nicht eindringt. Das spricht nicht gegen die Bedeutung des Teilungskoeffizienten, noch nötigt es zur Annahme neuer Komplikation. Wenn die wegsame, lösende Phase der Membran nicht eine wässerige, sondern, wie ich das oben annahm, eine anderweitige ist, in welcher das Silbernitrat nicht oder doch nicht in demselben Maße dissoziiert ist wie in Wasser, ist der Teilungskoeffizient keine Konstante. An Stelle der Gleichung $\frac{C_1}{C_2} = \text{Konst.}$ ($C_1 =$ die Konzentration in Wasser, $C_2 =$ die im zweiten Medium) tritt bei Unterbleiben jeder Dissoziation im zweiten Medium die folgende: $\frac{C_1 - x}{C_2} = \text{Konst.}$, worin x den in Wasser dissoziierten Anteil bedeutet.

Der Dissoziationsgrad $\left(\frac{\text{zerfallene Moleküle}}{\text{Gesamtzahl der Moleküle}} \right)$ einer wässerigen 5,2% Silbernitratlösung beträgt 0,72, der einer 28%igen etwas mehr als 0,5. In ersterer wäre demnach die Konzentration der undissoziierten Moleküle rund 1,5%, in dieser 14%. In alkoholig wässriger Lösung ist die Dissoziation schwächer, daher der relative Anteil der unzerlegten Moleküle größer. Darum kann der Sättigungsgrad, wie er oben aus der gesamten gelösten Salzmenge berechnet wurde, alsdann nicht maßgebend sein, sondern er müßte für wässerige wie alkoholig-wässerige Lösung, bezogen auf ein nicht dissoziierendes Membranlösungsmittel aus der zweiten der obigen Gleichungen berechnet werden. Die mir bekannten Daten genügen für diese Rechnung nicht, weshalb ich eine quantitative Prüfung zurückstelle und mich heute damit begnüge festzustellen, daß auf dem Boden dieser Vorstellungen eine Erklärung des Verhaltens der verglichenen Lösungen nicht unmöglich ist¹²⁾.

Daran, daß der Alkohol bestimmte, dem Silbersalz den Eintritt verwehrende oder diesen erschwerende Membraneinlagerungen extrahiere, ist nicht zu denken, da mit Alkohol vorbehandelte Körner wieder

12) Vergleiche auch Höber, Physikal. Chemie der Zelle usw. (IV. Aufl. 1914, S. 402, 403, 407). Anomalien des Verteilungskoeffizienten.

getrocknet bei einer zweiten Weiche in rein wässrigem Silbernitrat sich genau so verhielten wie frische Körner, das heißt das Salz nicht aufnehmen

Wenn man sich die halbdurchlässige Membran als Molekülsieb vorstellt, könnte man annehmen, daß der Alkohol entweder die Porenweite der Membran vergrößere oder die Dimensionen der gelösten Teilchen verringere¹³). Ersteres wäre eine Beeinflussung der Membran, von der ich vorläufig absehe. Für die zweite Annahme bestehen einige Schwierigkeiten. Zunächst wäre zu erklären, weshalb das Salz bei Verwendung rein wässriger Lösungen aus den stärker konzentrierten eintritt, aus den weniger konzentrierten nicht. Die Moleküle der gelösten Substanz allein können dies nicht bewirken. Außerdem dringt Sublimat rasch in das Korn, Kochsalz permeiert nicht¹⁴). Es besteht kein Grund diesem in der Lösung eine bedeutendere Teilchengröße zuzuschreiben als jenem. Denn das Chlornatrium gehört nicht zu den Stoffen, deren Moleküle in wässriger Lösung polymerisieren und die infolgedessen nach von Fürth und Bubanovic¹⁵) langsamer in Gallerte penetrieren als andere nicht in dieser Weise zusammentretende Moleküle. Die beiden genannten Forscher haben gerade das Chlornatrium als Vergleichsstoff gewählt und auf sein Verhalten das der anderen Salze bezogen. Nach einer sorgfältigen Arbeit von Adair¹⁶) zeigt eine wässrige Silbernitratlösung fast genau den gleichen Diffusionskoeffizienten in Gelatine wie Kochsalz. Danach wäre also auch dieses Salz in Wasser nicht polymerisiert.

Ferner könnte man bei dem Gedanken an ein Molekülsieb Hydratation in Erwägung ziehen. Denn diese ausgedrückt durch die Zahl der Wassermoleküle, die von einem Ion (oder Molekül) gebunden werden, sinkt mit steigender Konzentration der Lösung. Doch zeigt das wasserfrei krystallisierende Chlornatrium nach Jones¹⁷) ein sehr geringes Hydratationsvermögen, so daß auch diese Vorstellung zum wenigsten unwahrscheinlich genannt werden muß.

Zu den eben mitgeteilten Versuchen wurden unversehrte Körner verwendet. Behandelt man verwundete Körner (Embryo weggeschnitten) mit wässrig-alkoholigem Silbernitrat, so findet sich Zonenbildung senkrecht zur Kornoberfläche, anzeigend ein von der Wunde her erfolgendes Vorlaufen des Silbersalzes, wie sie alsdann in wässrigen Lösungen stets auftritt, nur bei geringem Alkoholgehalt. Ist der

13) Man darf die Begriffe Maschenweite und Teilchengröße nicht zu grob mechanisch nehmen, sondern man hat Vorstellungen wie „Aktionsradius“ oder „Wirkungssphäre“ einzuführen.

14) Sublimat penetriert in Agargallerte langsamer als Kochsalz. (Fürth und Bubanovic siehe folgende Fußnote.)

15) Biochem. Zeitschrift 92 (1918) 139 und 90 (1918) 265.

16) Biochemical Journal 14 (1920) 762. (Ref. chem. Zentralblatt 1921, I S. 429.)

17) Jones (und Mitarbeiter). Eine Reihe von Abhandlungen in Americ. Chem. Journal und Zeitschrift für physikal. Chemie, zusammengefaßt in: Carnegie Institution of Washington. Publikation Nr. 60 (1907).

Alkohol stärker konzentriert, so lagern die Schichten parallel zur Kornoberfläche, woraus auf allseitiges Eindringen durch die unverletzten Teile der Kornhüllen geschlossen werden muß. Ich erzielte Streifung senkrecht zur Oberfläche in einer 3,75% Silbernitrat 24% Alkohol-Lösung (Sättigung 4,05%); dagegen aus einer 0,67% Silbernitrat 64% alkoholigen Lösung (Sättigung 2,6%) und ebenso aus 3,3% Silbernitrat 64% Alkohol (Sättigung 12,2%) und 5% Silbernitrat 48% Alkohol (Sättigung 12,5%) auch bei angeschnittenen Körnern Streifung parallel zur Kornoberfläche, also im ersten Falle Eintreten von der Wunde her, in den anderen allseitiges Eindringen unabhängig von den Wundflächen.

Während demnach in reinem Wasser oder verdünntem Alkohol das Silbersalz nicht oder doch nur so langsam durch die Hüllschichten tritt, daß es, ehe es auf diesem Wege zu den Aleuron- und Nuzellarzellwänden gelangt, von der Wunde vorlaufend in eben diesen Wänden eine weite Strecke im Korn zurückgelegt hat, gelangt bei höherem Alkoholgehalt das Silbernitrat derart rasch durch die Hüllschichten, daß es auf diesem Wege nahezu allerorts¹⁸⁾ eher in den fraglichen Zellwänden ankommt als bei von der Wunde her erfolgendem Diffundieren in diesen Zellwänden.

Es verhalten sich demnach die außen gelegenen Hüllschichten (Samenschale) und die Aleuronzellwände bei Zusatz von Alkohol zur gebotenen Silbernitratlösung prinzipiell verschieden. Bei jenen wird durch den Zusatz der Silberdurchtritt begünstigt, unter Umständen erst ermöglicht¹⁹⁾, bei diesen wird die Penetrationsgeschwindigkeit verringert, zum wenigsten von bestimmtem Alkoholgehalt an.

Für die Vorstellung einer hemmenden Wirkung des Alkohols auf die Silberbewegung in den Aleuronzellwänden spricht vor allem die Beobachtung, daß die Länge der Strecke, die das von der Wunde (Embryoschnitt) vorlaufende Silbernitrat durchmißt, in wässriger Lösung größer ist als in gleich konzentrierter alkoholig-wässriger.

Versuch.

Dauer 24 Std. Die Körner durch Amputation des Embryo verletzt; die Länge der Diffusionszone (N) ist ausgedrückt durch die Anzahl der Aleuronzellen, um die das Silbersalz von der Wunde her vorgelaufen war.

Serie I. 3,8% AgNO_3 , 23,5% Alkohol-Lösung (Sättigung 4%).

N = 58; 52; 61; 54; 55; 60; 56; 56; 58; Mittel: 56.

Serie II. 3,8% AgNO_3 in Wasser (Sättigung 2%).

N = 95; 102; 98; 92; 107; 111; 95; 97; 100; Mittel: 100.

Serie III. 10% AgNO_3 in Wasser (Sättigung 5%).

Das Korn ist bis zur Spitze mit Silbersalz durchtränkt.

18) In der unmittelbaren Nachbarschaft der Wunde tritt immer homogene Dunkel-färbung auf.

19) Dies beweisen die Versuche mit unverletzten Körnern.

Die größere Geschwindigkeit, mit der das rein wässrig gelöste Silbernitrat vorläuft, ist also unverkennbar.

Nicht gerade direkt beweisend, aber immerhin diesen Versuch gewissermaßen bestätigend sind folgende Befunde. Sie sind insgesamt mit angeschnittenen Körnern gewonnen, und die alkoholigen Lösungen waren, wie im vorstehenden Versuch, so arm an Alkohol, daß das Eindringen des Silbers von der Wunde her erfolgte.

1. Die rhythmische Fällung beginnt bei Gegenwart von Alkohol, sowohl wenn man Lösungen gleicher absoluter Konzentration als auch wenn man solche gleicher Sättigung vergleicht, näher der Wunde als in rein wässrigen Lösungen. Da nun in wässrigen Lösungen verschiedener Konzentration die Fällung um so näher der Wunde beginnt, je schwächer die Silberkonzentration, spricht die vorstehende Beobachtung für einen rascheren Konzentrationsabfall, bei der alkoholigen Lösung also für langsames Diffundieren aus dieser.

2. Die Feinheit der Streifung ist an der Stelle, an welcher die Rhythmik eben erkennbar wird, größer in der alkoholig-wässrigen als in der rein wässrigen Lösung. Als Analogon dazu erwähne ich, daß nach Untersuchungen von Köhler²⁰⁾ und von Moeller²⁰⁾ bei Gelatine mit Abnahme des Wassergehaltes die Streifung enger wird.

3. Vergleicht man Stellen gleichen Abstandes von der Wunde, so zeigt die wässrig-alkoholige Lösung bei gleicher Sättigung deutlich, bei gleichem absolutem Gehalt nicht ganz sicher gröbere Streifen als die rein wässrige. Auch dies deutet auf rascheren Konzentrationsabfall. Denn je schwächer in wässrigen Lösungen die Konzentration des Silbersalzes, um so gröber ist in gleichem Abstand von der Wunde die Streifung. Daß beim Vergleich alkoholig-wässriger mit rein wässriger Lösung dieses Gröberwerden nicht ausgesprochener in Erscheinung tritt, wird damit zu erklären sein, daß dem ein anderer Faktor entgegen wirkt. Ist doch, wie vorn unter 2. mitgeteilt wurde, bei Anwesenheit von Alkohol die Streifung überhaupt feiner.

Eine Erklärung für die hemmende Wirkung des Alkohols auf die Wanderungsgeschwindigkeit in den Zellulosewänden dürfte darauf hinauslaufen, daß, wie bereits angedeutet, bei Gegenwart von Alkohol der Wassergehalt geringer, also die Quellung schwächer ist. Für Gelatine (Eiweiß) ist bekannt, daß sie aus 10% Alkohol weniger Wasser aufnimmt als aus reinem Wasser²¹⁾. Daß bei Möllers²²⁾ Versuchen mit wechselndem Wassergehalt der Membran bei geringerem Wassergehalt im gleichen Abstand von der Wunde eine feinere Streifung beobachtet wurde als bei höherem dürfte darauf beruhen, daß Möller den ungleichen Wassergehalt durch Vorbehandlung der Körner er-

20) Köhler, Kolloidzeitschrift 19 (1916), S. 85. Moeller, Ebenda 20 (1917), S. 259.

21) Hofmeister, zit. nach Spiro in Oppenheimer, Handbuch der Biochemie II¹, S. 34.

22) In der S. 1 angeführten Arbeit.

zielte. Es wird also danach in seinen Versuchen das Silber, das mit dem nachträglich eindringenden Wasser vorläuft oder wohl noch etwas hinter diesem zurückbleibt, nicht beeinflusst werden, wohl aber das diesem entgegenströmende, Silber fällende Salz. Dieses ist es, das sich in Wänden ungleichen Wassergehaltes bewegen wird. Je geringer also der nach der Vorbehandlung gegebene Wassergehalt, umso langsamer bewegt sich das fällende Salz dem Silber entgegen. Da Versuche Möllers mit eingelagertem Sublimat in verschiedener Konzentration lehrten, daß bei Nachbehandlung mit Silbernitrat in gleichem Abstände von der Wunde die Streifung um so feiner, je geringer bei gleichem Silbergehalt die Sublimatkonzentration, spricht also dieser zuerst scheinbar entgegenstehende Befund Möllers in Wahrheit für meine Auffassung.

Damit ist die Verzögerung der Invasionsgeschwindigkeit in den Aleuronzellwänden bewiesen.

Die vorgetragene Deutung des gegensätzlichen Verhaltens der beiden Hüllschichten bei Alkoholzusatz nimmt für die Förderung des Silbereintrittes in die und durch die Samenschale Veränderung im Zustand der Lösung (Herabsetzen der Löslichkeit im Außenmedium und Rückgang der elektrolytischen Dissoziation) an, für die Hemmung in den Aleuronzellwänden Beeinflussung der Wände selbst (Rückgang des Wassergehaltes und damit der Quellung). Die zweite Annahme²³⁾ ist meines Dafürhaltens durch die mitgeteilten Versuche einigermaßen begründet, die erstere bislang nur eine Möglichkeit. Für sie sind andere Erklärungen nicht ausgeschlossen, oder ist es denkbar, daß die angenommenen Faktoren nicht die allein wirkenden sind. Den Gedanken einer Wirkung der Hydratation habe ich bereits behandelt. Daneben könnte man Traubes Vorstellung über Haftdruck bzw. Haftdrucklockerung prüfen und anderes. Dabei sollten alle diese Möglichkeiten nicht, wie das bisher des öfteren geschehen ist, als einander ausschließende Gegensätze betrachtet werden, sondern es ist ein Nebeneinander sehr gut vorzustellen und dünkt mir in einigen Fällen sogar wahrscheinlich. So wird man bei Traubes Hypothese, sofern die Membran eine nicht wässrige Phase ist, den Verteilungskoeffizienten zu berücksichtigen haben. Wenn weiterhin die Membran heterogen gedacht wird, wird sie für Teilchen oberhalb einer gewissen Größe als Molekülsieb wirken, ist dabei die Invasionsbahn keine wässrige, so wird nichtsdestoweniger die Verteilung mitsprechen usw. Schließlich ist auch für die Samenschale eine reversible Membranbeeinflussung denkbar²⁴⁾.

Sicher ist, daß die beiden Membranen verschieden strukturiert (chemisch oder physikalisch oder beides) sein müssen. Die Aleuron-etc.-Zellwände quellen in Wasser und werden damit nicht sprung-

23) Vgl. dazu auch: Bechhold, Die Kolloide in Biologie und Medizin (III. Auflage), S. 53, 54, 59 oder Höber, Physikal. Chemie usw. IV. Aufl. (1914), S. 346.

24) Weitere Versuche sind gemeinsam mit H. Möller im Gange.

weise, sondern in kontinuierlichem Übergang durchlässig. Der permeierende Stoff bewegt sich demnach hier in einer wässrigen Phase. Mit Sinken des Quellungsgrades wachsen die Widerstände für die Diffusion derart, daß sie früher oder später, das wird mit von der Natur des gelösten Stoffes abhängen, diese mehr oder weniger ganz unterbinden. In absolutem Alkohol, absolut alkoholiger Lösung sind daher die Zellulosewände lufttrockener Körner fast undurchlässig. Doch vermag Wasser, wie die Gewichtsabnahme erkennen läßt, zu passieren.

Von dem Aufbau der selezierenden Schicht habe ich mir eine speziellere Vorstellung nicht gebildet, weil ich weitere Versuche abwarten will, welche die Erörterung fruchtbarer gestalten werden. Auf eins sei noch hingewiesen. Wie sich aus dem Gesagten ergibt, glaube ich nicht, daß die selezierende Schicht für schwächere Silberkonzentrationen absolut undurchlässig sei, für stärkere hingegen durchlässig, sondern ich nehme graduelle Unterschiede an. Diese werden praktisch den Erfolg haben, daß bei geringer Salzkonzentration im Außenmedium binnen bestimmter Fristen kein Silbersalz in nachweisbaren Mengen in das Korninnere gelangt. Die Grenze wird damit je nach der Dauer des Versuches und auch individuell schwanken. Für diese Auffassung spricht — neben unveröffentlichten Versuchen — die Beobachtung, daß das alkoholig-wässrig gelöste Silbernitrat nach dem Durchwandern der dünnen Samenschale in relativ schwacher Konzentration in den Aleuronzellwänden ankommt, wie die Ausgestaltung der Streifung, breite und gekörnelte Zonen, die Merkmale schwacher Konzentration, beweist. Ich habe ähnliche Überlegungen schon wiederholt vorgetragen²⁵⁾. Danach wäre also die selezierende Schicht nicht schlechthin undurchlässig für Silbernitrat (und andere Substanzen), sondern nur schwer durchlässig. Das paßt zu der für den Verteilungskoeffizienten vorgesehenen Rolle. Denn je schwächer die Konzentration in der Membran ist, um so kleiner ist das Konzentrationsgefälle in dieser, um so langsamer verläuft daher das Durchpassieren. Grenz gar Innen (und Außen) an die schwer durchlässige Schicht eine zweite an und für sich leicht durchlässige Membran, so wird diese die Wirkung verstärken, weil in ihr Konzentrationsausgleich durch Strömungen unmöglich ist, womit für die Weiterbewegung der eingedrungenen Teilchen nur die Diffusionsbewegung bleibt. Bei der geringen Geschwindigkeit mit welcher diese verläuft, wird demnach eine derartige Einrichtung dazu dienen das wirksame Gefälle in der schwer durchlässigen Schicht zu verkleinern und damit das Durchwandern zu verzögern.

Wurden angeschnittene Körner (Embryoschnitt Möllers) und unverletzte in identische Lösungen (2% AgNO_3 in 64% Alkohol, Sättigungsgrad 2,6%) gebracht, so waren die beidemal parallel zur

25) Vgl. Schroeder III, S. 21.

Kornoberfläche angeordneten Bänder bei den angeschnittenen Körnern deutlich kräftiger ausgebildet als bei den intakten, auch reichten sie nach gleichen Einwirkungszeiten bei jenen beträchtlich weiter spitzwärts als bei diesen. Während sie beim unversehrten Material auf die Kornunterseite beschränkt blieben, waren sie bei dem verwundeten auch auf der Oberseite zu erkennen, wenngleich hier weniger deutlich als dort. Es ist möglich, daß diese Verschiedenheit auf Unterschiede im Wassergehalt zurückzuführen ist, wenn das Wasser von der Schnittfläche vorlaufend dem Alkohol vorausseilt, doch soll das vorläufig nicht mehr als eine Vermutung sein.

Beim Eindringen des Silbernitrites durch die Kornwand waren die parallel zur Kornoberfläche orientierten Streifen in der Nachbarschaft des Embryo eng gestellt und wurden mit zunehmender Entfernung von diesem gröber und breiter. Daraus ist zu schließen, daß die Konzentration der in Aleuron- und Nuzellarzellwände eintretenden Lösung nach der Spitze zu abnimmt. Aus der Stellung der Bänder und aus der Tatsache, daß diese Verbreiterung durchaus kontinuierlich verläuft, folgt weiter, daß lokales Eindringen nicht vorliegt, sondern daß das Eintreten allorts stattfindet, aber mit zunehmender Erschwerung in der Richtung vom Embryo nach der Spitze. Es wird also die semipermeable Schicht oder Schichten von der Spitze nach dem Embryo kontinuierlich an Dicke abnehmen, oder die Imprägnation mit der den Stoffeintritt erschwerenden Substanz sinkt in der gleichen Richtung.

Diese Erscheinung, die sowohl bei alkoholig-wässrigen Silberlösungen wie bei konzentrierter (28%) rein wässriger zu beobachten war, findet eine Parallele in meinen älteren Befunden über die Wasseraufnahme des unverletzten Kornes. Von den beiden damals für die Bevorzugung der Embryohälfte vorgesehenen Erklärungen — allseitiges Eintreten mit zunehmender Erschwerung in der Richtung vom Embryo nach der Spitze oder lokales Eindringen am Embryo und Vorlaufen in den Nuzellarzellen — wird die erstere, von mir schon seinerzeit für die wahrscheinlichere angesehen, hierdurch bestätigt und gezeigt, daß Wasser und Silbernitrat an den gleichen Stellen relativ schwerer eindringen.

Schließlich konnte durch Alkoholzusatz (Alkoholgehalt 48%) auch das Chlornatrium zum Eintritt in das unverletzte Korn veranlaßt werden. Das ließ sich daran erkennen, daß nachfolgende Behandlung mit Silbernitrat die gleiche Ausgestaltung der Rhythmen lieferte, einerlei ob die Körner angeschnitten oder unversehrt in der alkoholigen Kochsalzlösung gelegen hatten. Die Applikation des Silbersalzes erfolgte in beiden Fällen in der gleichen Weise nach der von Möller sogenannten Methode des Embryosechnittes.

Ungeachtet verschiedener Deutungsschwierigkeiten ergeben also diese Versuche mit aller Schärfe, wie berechtigt seinerzeit meine Warnung gewesen ist, die Kornhülle nicht schlechthin als einheitlich

anzusehen. Es werden zwei oder selbst mehr Schichten für den Stoffeintritt maßgebend sein, und es wird unter anderem von der Natur des Außenmediums abhängen, welche davon in Wirkung tritt oder treten.

§ 3. Man hat bis vor kurzem die Frage nach der Durchlässigkeit der Zellwände nicht besonders erörtert, weil man aus Plasmolyse und Färbungsversuchen schloß, daß die wirksamen Stoffe durch die Zellwände hindurch gegangen sein müßten²⁶⁾. Wenn unverletzte Pflanzen oder wenn Pflanzenteile verwendet werden und dafür gesorgt wird, daß die Wundflächen mit dem Plasmolytikum oder dem Farbstoff nicht in Berührung kommen, ist dieser Schluß berechtigt. Sowie aber die Wundflächen eintauchen, und das ist bei den gebräuchlichen Plasmolysierverfahren das gewöhnliche, ist ein Eindringen von der Wunde her möglich und ein Weiterwandern des Plasmolytikums von Zelle zu Zelle durch Wandporen bei undurchlässiger Wand denkbar, worauf Rippel²⁷⁾ hingewiesen hat²⁸⁾.

Nun ist Farbstoffaufnahme und Plasmolyse bei unversehrten Pflanzen vielfach beobachtet worden und unsicher festzustellen. Es handelt sich dabei zumeist um submerse Pflanzen oder um Teile von solchen, schließlich um Wurzelhaare und dergleichen Organe, bei welchen die Kutikula schwach entwickelt ist oder gänzlich fehlt, während die Zellulosewand ausgebildet ist. Für besonders instruktiv halte ich Beobachtungen, über die in einer nachgelassenen Schrift von Klebs²⁹⁾ berichtet wird. In dieser findet sich unter anderem die Angabe, daß Zellen des Prothalliums, deren Wänden im Gegensatz zu den Kongorot auch bei lebender Zelle speichernden Rhizoidzellwänden diesen Farbstoff erst nach dem natürlichen oder durch bestimmte Agentien verursachten Zelltod aufnehmen, in Zucker oder Kalisalpetrolösung plasmolysiert waren, ohne daß das Kongorot in den Raum zwischen der Zellwand und den abgehobenen Protoplasten eindrang. Hiermit ist ein Durchtritt des die Zellwand passierenden und vom Plasma zurückgehaltenen Zuckers durch grobe Poren (Perforationen), etwa Plasmodesmenbahnen, ausgeschlossen, denn diese müßten ebenso für das Kongorot wegsam sein. Dagegen könnte man sich die Zellwand in diesem Falle als Ultrafilter vorstellen, das die kleineren Zuckerteilchen durchließe, die größeren des Farbstoffes zurückhielte.

26) Vergleiche aber z. B. Pfeffer, Tübinger Untersuchungen II, S. 202/203.

27) Rippel, Berichte d. deutsch. bot. Ges. 36 (1918) 211/212.

28) Im Sinne von Rippel-Wanderung durch Perforationen — mag dies raschere Eintreten der Plasmolyse in einer Wunde anliegenden Zellen auch dann gedeutet werden, wenn die Zellwand für das Plasmolyticum durchlässig ist. Denn in den offenen Bahnen wird die Diffusion mit größerer Geschwindigkeit verlaufen als innerhalb der Wandsubstanz. Häufig wird der Einfluß der Wunde mit der Beseitigung absolut undurchlässiger Hüllen — Kutikula — zu erklären sein.

29) Klebs, Verhalten der Farnprothallien gegenüber Anilinfarben. Sitzungsbericht der Heidelberger Akademie, Math. Nat. Klasse. Abgt. B. Jahrgang 1919, Abhandlung 18.

In dieser Weise wird ein festes Kolloid wirken, es fragt sich nur, von welcher Teilchengröße ab diese Filterfunktion eintritt. Zu erklären bleibt dann erstens die nach dem natürlichen oder durch bestimmte Agentien, Substanzen, verursachten Zelltod eintretende Veränderung dahingehend, daß Kongorot nunmehr die vordem nicht färbbaren Wände tingiert, und der Unterschied im Verhalten der Rhizoidzellen, deren Wände auch im Leben Kongorot aufnehmen, einerseits und den den Farbstoff nicht hereinlassenden Wänden der grünen Zellen. Für letztere Verschiedenheit könnten physikalische Differenzen, also vielleicht solche im Quellungsstand der Zellulosewand die Ursache sein. Man könnte indes gerade im Hinblick auf Hansteens Arbeiten an Einlagerungen denken, also sekundäre chemische Unterschiede³⁰⁾.

Das gilt indes, wie die vorstehenden Ausführungen zeigen, zunächst nur für den Farbstoff, für Krystalloide mit kleinen Molekülen waren die Wände beider Zellkategorien durchlässig. Und diese sind es, die ich bei meinen Darlegungen im Auge habe. Ich glaube, daß für diese die Zellulosezellwände im natürlich gegebenen Quellungsstand im allgemeinen durchlässig sind, wie dies in der Tat für eine größere Anzahl von Einzelfällen mit Bestimmtheit nachgewiesen ist. Das ist nun nicht so zu verstehen, als ob die Zellulosewände der Salzdifffusion überhaupt kein Hindernis bieten. Jede Membran wird, verglichen mit Wasser, die Diffusionsgeschwindigkeit eines gelösten Elektrolyten verändern (herabsetzen), wie das künstliche Gallerten (Gelatine und anscheinend schwächer Agar), und zwar in Abhängigkeit von ihrem Wassergehalt tun. Semipermeabel wird man sie selbst bei weiter Auslegung dieses Begriffes nur dann nennen, wenn die Depression der Diffusionsgeschwindigkeit praktisch bis zur Undurchlässigkeit gesteigert ist oder eine solche Höhe erreicht, daß zu beiden Seiten der Membran für längere Zeit ein deutlicher Konzentrationsunterschied bestehen bleibt³¹⁾, wobei ich mir einen Ausgleich durch Wasserbewegung irgendwie verhindert denke.

Unterschiede in der Durchlässigkeit der Zellulosewände können, wie vorn angedeutet, durch gleichgültig hier auf welche Ursachen zurückführende Differenzen im Quellungsstand (Wassergehalt) der Membran bewirkt werden oder durch sekundäre Einlagerungen, in

30) An dieser Stelle wären Beobachtungen Rosenthalers (Berichte d. deutschen pharmazeut. Ges 31 [1921], S. 27) zu erwähnen. R. findet eine Aufnahme von Eisenchlorid in den Zellwänden von Schnitten bei allen Gewebearten, nur die Kutikula bleibt ungefärbt. Verwandte er unverletzte Pflanzen, so beschränkte sich die Reaktion auf die Zellwände der Wurzel. R. hält das Ausbleiben der Färbung bei intakten oberirdischen Teilen für eine Wirkung der Kutikula; er konnte bei Keimlingen durch Auskochen mit Chloroform auch bei unversehrten oberirdischen Teilen eine Reaktion erzielen.

31) Siehe vorn S. 9.

diesem Falle könnte man aber schon nicht mehr von einer Eigenschaft der Zellulosewand als solcher sprechen³²⁾.

Anders als die in Wasser gequollene Wand wird sich die ungequollene Wand in nicht wässerigen Medien verhalten. Ich habe oben Versuche beschrieben, aus welchen sich folgern läßt, daß die Nuzellar- und Aleuronzellwände für absoluten Alkohol und für in diesem gelöste Stoffe undurchlässig sind. Das Gleiche wird für Äther, Chloroform und andere organische Flüssigkeiten gelten. Darum ist es möglich, daß Rippel recht hat mit seiner Vorstellung, die Zellulosehüllen lufttrockener Samen üben diesen Stoffen gegenüber die Schutzfunktion aus³³⁾. Eine gewisse Schwierigkeit ergeben jedoch von mir vor einigen Jahren veröffentlichte Versuche. Das unversehrte trockene Korn widersteht der Einwirkung wasserfreien Alkohols lange Zeit. Werden indes Frucht und Samenschale, was nach einem früher von mir angegebenen, übrigens auf Schuhmann zurückzuführenden Verfahren nur am lufttrockenen Korn und lediglich über dem Embryo möglich ist, entfernt, so wird die Keimfähigkeit binnen kurzer Zeit vernichtet. Damit ist bewiesen, daß die Widerstandsfähigkeit im ersteren Falle nicht eine Besonderheit des wasserarmen Protoplasten darstellt, sondern lediglich dem Schutz durch die Samenschale zu danken ist, wie ich das bereits seinerzeit ausgesprochen hatte, und wie später Rippel³⁴⁾ auf Grund von Versuchen, die ich

32) Der Quellungszustand der Zellwände müßte eigentlich in der natürlich gegebenen Imbibitionsflüssigkeit untersucht werden. In welchem Maße durch stoffliche Einflüsse (H und OH, Metall und Säureionen) Beeinflussungen des Quellungszustandes möglich sind, hat die Arbeit meines in englischer Gefangenschaft verstorbenen Schülers H. Kotte an Meeresalgen gezeigt (Wiss. Meeresuntersuchungen Neue Folge Band 17 Abteilung Kiel [1915], S. 115). Turgor, Gewebespannung und andere physikalische Einflüsse werden ebenfalls nicht gleichgültig sein. Daher wird die Zellwand der Gewebezellen von Landpflanzen einen anderen, im allgemeinen geringeren Wassergehalt im intakten Pflanzenkörper als in dem im Wasser liegenden Schnitt besitzen.

Auch der Zellinhalt wird durch die Überschwemmung mit Wasser, wie sie im Schnitt stattfindet, in Mitleidenschaft gezogen. Ich erinnere dafür an die bekannte Degeneration, die Chromatophoren von Blütenblättern bei in Wasser liegenden Schnitten zeigen. Aus diesen Überlegungen teile ich den Standpunkt der Forscher, die neuerdings davor warnen, aus dem Verhalten von isolierten Zellen in Wasser oder einstofflichen Lösungen Schlüsse — auch bezüglich der Permeabilität — auf das Verhalten in der Pflanze zu ziehen.

33) Ich habe bereits früher (l. c. I, S. 201) auf diese Möglichkeit hingewiesen. Sie hat durch die mitgeteilten Versuche eine gewisse Begründung erfahren. Wenn ich mich trotzdem noch nicht bestimmter ausspreche, geschieht dies im Hinblick auf die oben im folgenden besprochene Schwierigkeit. Die zweite von mir seinerzeit vortragene Möglichkeit einer Wirkung der selektierenden Schicht scheint mir nach den oben mitgeteilten Versuchen nicht mehr haltbar.

34) Biolog. Centralblatt 37 (1917) 477, Rippel hat an der Stelle, an welcher er mit Recht darauf aufmerksam macht, daß zwischen Entfernung von Frucht und Samenschale zu unterscheiden ist, übersehen, daß das Schälchen angefeuchteter Weizenkörner, wie es Kurzweilly ausgeführt hat, lediglich die Fruchtschale, und diese unvollständig beseitigt. Frucht und Samenschale lassen sich nur auf die oben beschriebene Weise wegnehmen.

für weniger beweisend halte als die meinigen, erneut und besonders ausdrücklich hervorgehoben hat.

Es müssen also die lufttrockenen Zellwände des Embryo den absoluten Alkohol durchlassen. Dafür lassen sich verschiedene Erklärungen ausdenken. Es wäre möglich, daß diese wachstumsfähigen Zellwände eine andere Zusammensetzung zeigten als die fertigen (Pektin), oder daß sie ihr Wasser nicht in demselben Maße verlieren wie jene, so daß sie selbst im lufttrockenen Korn genügend gequollen wären, um Alkohol durchzulassen. Vielleicht wäre sogar nur ihre geringere Dicke ausschlaggebend. Ob man bei dieser Art der Verwundung an Plasmodesmenbahnen denken kann, halte ich für fraglich. Wie dem auch sei, jedenfalls liegt hier eine Verschiedenheit vor, die eine Erklärung verlangt³⁵⁾.

§ 4. Daß zwischen Samen (und Früchten) verschiedener Arten (gradweise) Unterschiede in der Permeabilität vorhanden sind, ist also wahrscheinlich, und durch den Vergleich des Verhaltens der Schale von *Xanthium* mit der des Weizen bewiesen. Leider ist ein bequemer Weg die Differenzen zahlenmäßig zu definieren nicht gangbar. Denn aus der Gewichtszunahme der quellenden Samen, als Maß für die Aufnahme von Flüssigkeit, und aus der Titerzunahme der zurückbleibenden Außenflüssigkeit, als Maß für die Aufnahme reinen Wassers, könnte nur dann auf den Grad der Semipermeabilität geschlossen werden, wenn die selezierende Schicht in jedem Falle die äußerste Zellige der geprüften Samen und Früchte wäre. Wo dies nicht der Fall ist, setzt sich die Gewichtszunahme aus zwei Teilgrößen zusammen. Erstens aus der durch die Aufnahme von Salzlösung in die außerhalb der selezierenden Schicht gelegenen Teile bewirkten Zunahme, und zweitens

35) Willstätter und Stoll haben gefunden, daß einige organische Solventien, wie Äthylalkohol, Aceton und andere aus trockenem Brennesselpulver das CP. nur dann gut extrahieren, wenn sie nicht wasserfrei, sondern mit einem beträchtlichen Wassergehalt verwendet werden (Aceton z. B. 20%). Da CP. in den genannten wasserfreien Substanzen löslich ist, und da weiterhin der Zutritt derselben auch in wasserfreiem Zustand zu den Chloroplasten des trockenen Materials durch die Extraktion des Karotens bewiesen wird (Arnau, *Compt. rend.* 100, S. 751; Willstätter und Mieg, *Ann. d. Chemie* 355 (1907), S. 12) glauben Willstätter und Stoll, es würden durch das zugesetzte Wasser Salze (etwa KNO_3) gelöst, und diese veränderten den Zustand des CP. derart, das dasselbe extrahierbar werde. Als notwendige Folgerung aus dieser Annahme ergibt sich die Vorstellung eines Unterschiedes im Zustande des CP. im trockenen und im wasserdurchtränkten Blatte.

Ich möchte demgegenüber auf eine andere Erklärungsmöglichkeit hinweisen. Der Alkohol etc. dringen in die Zelle (die Wände verhielten sich demnach hier wie beim Gramineenembryo!), und lösen hier das CP. wie das Karoten, während aber dieses alsdann seinen Weg durch die Zellwand findet, wird jenes von ihr zurückgehalten, es sei denn, daß eine gewisse Menge vorhandenen Wassers die Wände so weit quellen läßt, daß sie auch für das CP. durchlässig werden. Meine Vermutung läßt sich experimentell prüfen, doch fehlen mir dazu gegenwärtig die nötigen Hilfsmittel. Immerhin ergab ein roher Vorversuch, daß *ceteris paribus* die Anfärbung des wasserfreien oder wasserarmen Lösungsmittels um so intensiver war, je feiner die trockenen Blätter pulverisiert wurden.

aus der hervorgerufen durch den Eintritt von reinem Wasser in das von der selezierende Schicht umgebene Innere. Die gefundene Gewichtszunahme wird daher, sowie die, vollkommen semipermeabel gedachte Schicht nicht durchaus an der Oberfläche liegt, größer sein als die aus Titerzunahme berechnete. Einen Schluß auf den Grad des Selektionsvermögens kann man also aus derartigen Versuchen solange die Differenz zwischen berechneten und gefundenen Werten in mäßigen Grenzen bleibt nicht ziehen³⁶⁾.

Mit Erbsensamen, deren Schale ich für verschiedene nicht in das Getreidekorn eintretende Salze für durchlässig gehalten habe, was Rippel bestreitet, habe ich neue Versuche nicht angestellt. Die seinerzeit natürlich auch von mir bemerkte anfängliche Depression der Wasseraufnahme in der Kochsalzlösung erklärte ich mir damit, daß eben, wie ich dies vorn ausgeführt habe, die Zellwände der Samenschale die Salzdifffusion verzögern. Rippel denkt für den Ausgleich an das Auftreten feiner Risse. Ich gebe diese Möglichkeit zu, indes glaube ich nicht, daß die quellenden Kotyledonen diese Rißbildung veranlassen. Denn die Quellung und Ausdehnung der Schale eilt der der Kotyledonen voraus. Beim umgekehrten Verfahren, wenn man gequollene Erbsen trocknet, sprengen die noch stark wasserhaltigen Kotyledonen die trocknende und sich damit kontrahierende Schale bis zum Auftreten klaffender Risse.

Von den Faktoren, die nach Schull und nach Rippel die gerade bei Leguminosen häufig anzutreffenden Unterschiede im Verhalten bewirken könnten, möchte ich besonders ungleichen Reifegrad hervorheben.

Ogleich, wie ich an verschiedenen Stellen angemerkt habe, Zellulosewände verschieden gebaut und damit in ungleichem Maße durchlässig sein können, so besteht doch kein Grund, diejenigen Zellwände, deren von Perforationen unabhängige Durchlässigkeit für gelöste Kristalloide bestimmt erwiesen ist, — das sind Nuzellar- und Aleuronzellwände der Gramineen, Wände der Epidermis verschiedener Blätter und die beiden Kategorien von Zellen der Farnprothallien — für besonders leicht durchlässig zu halten. Denn wenn man dies auch für die genannten Zellwände der Getreidekörner und die der Prothalliumrhizoidzellen zugeben kann, bei den Wänden der Blattepidermis-

36) Daher dürfen Rippels Tabellen (Bot. Ber. 36 [1918] 204, 205) nicht in diesem Sinne ausgewertet werden. Wenn also R. die Hülle der Roßkastanie vollkommen semipermeabel nennt, wird dies damit bewiesen sein, nicht aber das unvollkommene Selektionsvermögen derjenigen Samen, bei welchen die theoretische und die gefundene Titerzunahme etwas von einander abweichen. Kontrollversuche mit angeschnittenen Samen sollten immer angestellt werden. Denn abgesehen von jeder Membranwirkung braucht die Quellung der Reservestoffe in Lösungen verschiedener Stoffe und ungleicher Konzentrationen nicht gleich zu sein und nicht mit der in reinem Wasser übereinzustimmen.

zellen und denen der grünen Prothalliumzellen spricht nichts für diese Annahme, manches gegen sie. Verwehren doch gerade die Wände der grünen Prothalliumzellen im Gegensatz zu den Rhizoidzellen dem Kongorot den Eintritt.

Indem ich die vorgetragenen Resultate und Erwägungen zur Diskussion stelle, bin ich mir bewußt nichts abgeschlossenes gebracht zu haben. Weitere Versuche sind im Gange.

Bei dem heutigen Stande scheint mir die bisher verbreitete Ansicht einer für Krystalloide allgemeinen Durchlässigkeit der gequollenen Zellulosewände berechtigt.

Das gilt vorläufig nur für Krystalloide mit kleinem Molekül. Für Kolloide (große Moleküle) mag in vielen Fällen die Zellwand — wie eine Gelatine-Gallerte — als Sieb wirken. Und vielleicht sind Einlagerungen, die Halbdurchlässigkeit verursachen, ohne die mikrochemische Zellulosereaktion zu verändern, öfter anzutreffen (Klebs, Hansteen).

Sämtliche in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Versuche hat Herr Dr. Möller ausgeführt. Ich spreche ihm dafür auch an dieser Stelle meinen Dank aus.

Kiel, im November 1921.

Über die Doppelatmung der Mückenlarven.

Von Dr. St. Konsuloff.

Privatdozent der Zoologie a. d. Universität Sofia.

Mit 3 Abbildungen.

Die europäischen Mückenarten überwintern größtenteils als Imago, einige Arten aber können auch als Larven oder nur als Larven die kalte Jahreszeit verbringen. Unter anderen überwintert als Larve auch *Anopheles bifurcatus* L. Diese Art ist in Europa stark verbreitet, auch in den Zonen, wo die Tümpel im Winter mit Eis bedeckt sind. Unter diesen Umständen müssen die Larven auf ihre Tracheenatmung verzichten und sind auf die Kiemenatmung angewiesen. Welche andere Mückenarten als Larven überwintern können, ist noch nicht genau erforscht. Kurze Zeit nach dem Eisschmelzen habe ich am 18. März 1918 in einem Tümpel bei Gevgeli (Macedonien) erwachsene Larven von *Theobaldia annulata* Schrank gefunden. Andererseits habe ich in Südbulgarien einmal am 1. April, als noch die Eier kaum gelegt waren, Männchen von *Anopheles maculipennis* Meigen gefangen, mit gut beschuppten Flügeln, die offenbar nicht überwintert hatten, sondern frisch ausgeschlüpft waren. In der Nähe von Sofia habe ich Anfang April 1920 erwachsene Larven von *Culex* sp. gefunden, die auch den ganzen Winter unter dem Eis verbracht hatten.

Alle diese Tatsachen weisen darauf hin, daß die Mückenlarven die Fähigkeit besitzen, unter bestimmten Umständen auch die im Wasser

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: [42](#)

Autor(en)/Author(s): Schroeder Heinrich

Artikel/Article: [Über die Semipermeabilität von Zellwänden. 172-188](#)